



(19) **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 100 00 250 A 1**

(5) Int. Cl.⁷:
G 12 B 21/12
G 01 B 21/04
G 01 B 21/20

(21) Aktenzeichen: 100 00 250.1
(22) Anmeldetag: 5. 1. 2000
(23) Offenlegungstag: 31. 8. 2000

(30) Unionspriorität:
11-1097 06. 01. 1999 JP
(71) Anmelder:
Mitutoyo Corp., Kawasaki, Kanagawa, JP
(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
80538 München

(72) Erfinder:
Matsuki, Kaoru, Tsukuba, Ibaraki, JP; Okamoto,
Kiyokazu, Tsukuba, Ibaraki, JP; Hidaka, Kazuhiko,
Tsukuba, Ibaraki, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde
(57) Eine Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde umfaßt einen Drehbewegungsgenerator zum abtastenden Bewegen eines Tasters auf einer Ebene A, einen Phasenwertdetektor zum Erfassen eines Phasenwerts Θ , welcher eine Drehposition der Abtastdrehbewegung anzeigt, und einen Kontaktstellendetektor zum Erfassen einer Kontaktstelle eines Kontaktabschnitts auf der Grundlage eines Erfassungssignalwerts V, erfaßt durch den Detektor, und des Phasenwerts Θ . Da die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts durch den Kontaktstellendetektor erfaßt werden kann, kann die Berührungssignalsonde für eine Profilmessung und eine kontinuierliche Messung eines Werkstücks verwendet werden.

DE 100 00 250 A 1

DE 100 00 250 A 1

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Berührungssignalsonde zum Messen einer Oberflächenposition eines Werkstücks durch einen Kontakt, insbesondere eine Schwingungs-Berührungssignalsonde zum Erfassen einer Schwingungsänderung, welche hervorgerufen wird, wenn ein Kontaktabschnitt eines Tasters das Werkstück berührt. Genauer betrifft sie eine Kontaktabschnitts-Erfassungsvorrichtung einer Schwingungs-Berührungssignalsonde zum Erfassen einer Kontaktstelle des Kontaktabschnitts gegen das Werkstück.

2. BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

Eine Höhenmeßvorrichtung (lineare Meßvorrichtung), eine Koordinationsmeßvorrichtung und eine Profilmeßvorrichtung sind bekannt als eine Meßvorrichtung zum Messen der Form und der Abmessung eines Werkstücks. Verschiedene Sonden werden bei der Meßvorrichtung zum Erfassen einer Positionsbeziehung eines Meßvorrichtungskörpers und des Werkstücks verwendet. Die Sonden können in eine kontaktlose Sonde und eine Kontaktsonde bzw. alternativ in eine kontinuierliche Meßsonde und eine Berührungsauslösesonde unterteilt werden.

Eine in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei 6-221806 offenbare Ultraschall-Berührungsauslösesonde ist bekannt als eine Kontakt-Berührungsauslösesonde für die obige Koordinatenmeßvorrichtung. Wie in Fig. 10 dargestellt, umfaßt die Berührungssignalsonde 100 einen Tasterhalter 101, einen Taster 102 und ein piezoelektrisches Element 103. Der Tasterhalter 101 ist an einer Tasterhalterung angebracht, welche sich mit einem vorbestimmten Geschwindigkeitsvektor gemäß einem Befehl von außen (nicht dargestellt) in einem dreidimensionalen Raum bewegt. Der Taster bewegt sich zusammen mit der Tasterhalterung und erfaßt den Kontakt gegen das Werkstück, so daß eine Randposition des Werkstücks durch Lesen der Koordinate in Kontakt erfaßt wird.

Der Tasterhalter 101 ist zu einem Rohrzyylinder ausgebildet, und der Taster 102 wird an einem inneren, unteren Ende davon durch ein Paar von Eingriffsstiften 104 gehalten, welches an einem Lagerpunkt an einer annähernden Axialmitte des Tasters 102 vorgesehen ist. Ein Kontaktabschnitt 102A mit einer kugelförmigen Oberfläche, welche mit dem in Messung befindlichen Werkstück in Anschlag gebracht werden muß, ist an einem unteren Ende des Tasters 102 befestigt, und ein Gegengewicht 102B mit dem gleichen Gewicht wie der Kontaktabschnitt 102A ist an einem oberen Ende des Tasters 102 befestigt, so daß der Lagerpunkt des Tasterhalters 101 mit einem Schwerpunkt des Tasters 102 übereinstimmt.

Ein Paar von Vertiefungen 105 als Befestigungsabschnitt des piezoelektrischen Elements 103 ist in einen Außenumfang des Tasters 102 geschnitten, und zwei piezoelektrische Elemente mit der gleichen Form sind an der Vertiefung 105 durch einen Klebstoff oder ähnliches befestigt, wobei beide Enden fest angeklebt sind.

Die piezoelektrischen Elemente 103 sind annähernd symmetrisch längs einer Axialrichtung des Tasters 102 angeordnet, wobei sich der Lagerpunkt des Tasters 102 in der Mitte davon befindet, wobei die piezoelektrischen Elemente in eine Schwingungsvorrichtung 103A, welche den Taster in eine Resonanzschwingung versetzt, und eine Erfassungs-

vorrichtung 103B, welche eine Änderung der Schwingung des Tasters 102 erfaßt, unterteilt sind.

Die Berührungssignalsonde 100 versetzt den Taster 102 durch die Schwingungsvorrichtung 103A in Schwingung längs einer Axialrichtung davon. Wenn der kugelförmige Kontaktabschnitt 102A das Werkstück berührt, so wird eine Schwingung des Tasters 102 durch eine Kontaktkraft eingeschränkt, so daß sich ein Schwingungsstatus ändert. Dementsprechend kann eine Randposition etc. durch Erfassen der Änderung des Schwingungsstatus durch die Erfassungsvorrichtung 103B erfaßt werden.

Jedoch ist die Berührungssignalsonde 100 mit der oben beschriebenen Anordnung aufgrund der Tatsache, daß die Änderung des Schwingungsstatus des Tasters 102 gemäß einer Differenz der Kontaktstelle (eines Teils der Oberfläche des kugelförmigen Kontaktabschnitts 102A, welcher das Werkstück tatsächlich berührt) des Kontaktabschnitts 102A gegen das Werkstück und der Druckgröße durch die Kontaktkraft des Kontaktabschnitts 102A stark unterschiedlich ist, nicht geeignet als Sonde zum Durchführen einer Profilmessung und einer kontinuierlichen Messung, wo verschiedene Teile des Kontaktabschnitts 102A das Werkstück berühren.

Genauer ändert sich der Schwingungsstatus längs der Axialrichtung des Tasters 102, wie in Fig. 11(A) dargestellt, wenn der Kontaktabschnitt 102A das Werkstück W in einer Richtung senkrecht zu der Axialrichtung (Schwingungsrichtung) des Tasters 102 berührt, selbst dann nicht stark, wenn die Druckgröße gegen das Werkstück durch eine Kontaktkraft F1 des Kontaktabschnitts 102A zunimmt.

Hingegen ändert sich der Schwingungsstatus des Tasters 102, wie in Fig. 11(B) dargestellt, wenn der Kontaktabschnitt 102A das Werkstück W längs der Axialrichtung des Tasters 102 berührt, selbst dann stark, wenn sich die Druckgröße hin zu dem Werkstück W durch eine Kontaktkraft F2 des Kontaktabschnitts 102A schwach ändert. In Fig. 12 ist der Status dargestellt, bei welchem ein Richtungssignal V, welches eine Schwingungsstatusänderung des Tasters 102 anzeigen, sich im Verhältnis zu einer Änderung der Druckgröße L, wie in einem Graphen G10 dargestellt, schwach ändert. Hingegen ändert sich das Erfassungssignal V selbst bei einer kleinen Änderung der Druckgröße L stark.

Dementsprechend ist, wenn die Berührungssignalsonde 100 zusammen mit der Tasterhalterung in einer dreidimensionalen Richtung zum Durchführen einer Profilmessung zum Messen einer Form des Werkstücks W bewegt wird, aufgrund der Tatsache, daß die Änderung des Schwingungsstatus des Tasters 102 gemäß der Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A stark unterschiedlich ist, eine eindeutige Bestimmung des Randes des Werkstücks W gemäß einer Größe der Schwingungsstatusänderung des Tasters 102 schwierig. Daher ist eine derartige Ultraschall-Berührungssignalsonde 100 nicht geeignet als Sonde für eine Profilmessung und eine kontinuierliche Messung des Werkstücks W. Ferner wird, wenn die Größe der Sonde verringert wird, die Steifigkeit des Tasters klein, so daß er weicher wird. Dementsprechend kann eine Axialresonanz des Tasters bei der kontinuierlichen Messung nicht aufrechterhalten werden, was zu einer Abnahme der Empfindlichkeit, das heißt, zu einer Verschlechterung der Genauigkeit, führt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung für die obige Ultraschall-Berührungssignalsonde zu schaffen, welche für eine Profilmessung und eine kontinuierliche Messung zum Messen einer Form des Werkstücks verwendet wird und in der

Lage ist, eine Form des Werkstücks mit hoher Genauigkeit zu messen.

Eine erfindungsgemäße Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung dient für eine Berührungssignalsonde mit einer Tasterhalterung zum Bewegen in einem dreidimensionalen Raum durch einen vorbestimmten Geschwindigkeitsvektor gemäß einem externen Befehl, einem Tasterhalter, welcher mechanisch mit der Tasterhalterung verbunden ist, einem Taster, welcher durch den Tasterhalter gehalten wird und an einem Spitzende davon einen Kontaktabschnitt aufweist, welcher mit einem Werkstück in Berührung gebracht wird, einer Schwingungsvorrichtung, welche an einem Teil des Tasterhalters vorgesehen ist, um den Taster in eine Resonanzschwingung in einer Axialrichtung davon zu versetzen, und einer Erfassungsvorrichtung, welche an einem Teil des Tasterhalters zum Erfassen der Änderung einer Schwingung durch die Schwingungsvorrichtung vorgesehen ist, wobei die Berührungssignalsonde die Änderung der Schwingung durch die Erfassungsvorrichtung erfaßt, wenn der Kontaktabschnitt das Werkstück berührt, wobei die Kontakterfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde die Kontaktstelle an dem Kontaktabschnitt gegen das Werkstück erfaßt. Die Kontakterfassungsvorrichtung umfaßt: einen Drehbewegungsgenerator zum Ausführen einer Abtastdrehbewegung des Tasters auf einer senkrecht zu einer Achse des Tasters um einen vorbestimmten Radius und eine vorbestimmte Winkelgeschwindigkeit; einen Phasenwertdetektor zum Erfassen eines Phasenwerts, welcher eine Drehposition der Abtastdrehbewegung durch den Drehbewegungsgenerator anzeigt; und einen Kontaktstellendetektor zum Erfassen der Kontaktstelle des Kontaktabschnitts gegen das Werkstück auf der Grundlage eines Erfassungssignalwerts, welcher durch den Detektor erfaßt wird, und des Phasenwerts, welcher durch den Phasenwertdetektor erfaßt wird, während der Kontaktabschnitt das Werkstück berührt.

Der Drehbewegungsgenerator kann eine Antriebsvorrichtung zum Bewegen des Tasters auf einer Ebene senkrecht zu einer Achse des Tasters in X-Achsen- und Y-Achsen-Richtung, welche senkrecht zueinander sind, und eine Drehsteuervorrichtung zum Ausgeben eines Steuersignals von $X = R\cos\theta$ und $Y = R\sin\theta$ bezüglich eines Ortes der Drehbewegung mit einem Radius R und einem Drehwinkel θ aufweisen.

Der Phasenwertdetektor kann vorzugsweise einen Drehwinkel θ auf der Grundlage eines durch die Drehungssteuervorrichtung ausgegebenen Steuersignals erhalten.

Erfindungsgemäß kann aufgrund der Tatsache, daß der Drehbewegungsgenerator, der Phasenwertdetektor und der Kontaktstellendetektor vorgesehen sind, die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts gegen das Werkstück wie nachfolgend beschrieben erhalten werden.

Zuerst erzeugt der Drehbewegungsgenerator die Abtastdrehbewegung des Tasters in einer Ebene senkrecht zu einer Schwingungsrichtung des Tasters, während der Kontaktabschnitt des Tasters den Endabschnitt des Werkstücks berührt. Anschließend wird die Änderung des Schwingungsstatus des Tasters, erfaßt durch den Detektor während der Abtastdrehbewegung, als ein Erfassungssignalwert erfaßt, und der Phasenwert der Drehbewegung zu diesem Zeitpunkt wird durch den Phasenwertdetektor erfaßt. Die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts gegen das Werkstück wird durch den Kontaktstellendetektor auf der Grundlage des erfaßten Erfassungssignalwerts und des erfaßten Phasenwerts erfaßt.

Dementsprechend kann die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts durch eine Ultraschall-Berührungssignalsonde erfaßt werden, und die Form des Werkstücks kann durch ein Erfassen des Kontaktabschnitts mit hoher Genauigkeit ge-

messen werden, wobei die Berührungssignalsonde als Sonde für eine Profilmessung und eine kontinuierliche Messung zum Messen einer Form des Werkstücks verwendet werden kann.

- 5 Die erfundungsgemäße Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde kann vorzugsweise derart angeordnet sein, daß der Kontaktabschnitt eine kugelförmige Oberfläche aufweist; daß die Kontaktstelle definiert ist als ein Punkt auf der kugelförmigen Oberfläche und gegeben ist durch eine Längenposition, definiert als eine Winkelposition auf der Ebene senkrecht zu der Achse des Tasters, und eine Breitenposition, definiert als eine Winkelposition auf einer Ebene, welche die Achse des Tasters enthält; und daß der Kontaktstellendetektor die Längenposition aus dem Phasenwert erhält, bei welchem eine Änderung des Erfassungssignalwerts maximal ist, während der Kontaktabschnitt das Werkstück während der Abtastdrehbewegung berührt und die Breitenposition aus dem Phasenwert mit der maximalen Änderung des Erfassungssignalwerts und einer Phasenabschnittsbreite erhält, welche einen Abschnitt des Phasenwerts anzeigen, innerhalb welchem der Erfassungssignalwert sich durch den Kontakt ändert.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30

Genauer können die Längenposition und die Breitenposition gemäß den folgenden Schritten erhalten werden.

- Wie in einem Vertikalquerschnitt von Fig. 1 dargestellt, wird die Abtastdrehbewegung des Tasters 102 durch den Drehbewegungsgenerator um einen Rand eines Werkstücks W erzeugt, und der Kontaktabschnitt 102A berührt das Werkstück W an einem Teil einer Bahn S1 der Abtastdrehbewegung.

(1) Erfassung einer Längenposition

- Es werden zwei Fälle des Kontaktstatus des Kontaktabschnitts 102A und des Werkstücks W, dargestellt in Fig. 1, angenommen, bei welchen eine Randfläche des Werkstücks W senkrecht zu einer Vorbewegungsrichtung G des Kontaktabschnitts 102A, wie in Fig. 2(A) dargestellt, ist, und bei welchen eine Randfläche des Werkstücks W bezüglich der Vorbewegungsrichtung G des Kontaktabschnitts 102A, wie in Fig. 2(B) dargestellt, geneigt ist.
- 35
- 40

Wenn die Randfläche des Werkstücks W senkrecht zu der Vorbewegungsrichtung G des Kontaktabschnitts 102A, wie in Fig. 2(A) dargestellt, ist, so ist die Ebenenposition der

- Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A und des Werkstück W einen Punkt P0 längs der Vorbewegungsrichtung G. Wenn die Abtastdrehbewegung des Tasters 102 durch den Drehbewegungsgenerator erzeugt wird, so wird eine Kontaktkraft auf den Taster 102 durch die Abtastdrehbewegung zwischen einem Punkt P1 und einem Punkt P2 angewandt, wodurch eine Schwingung des Tasters 102 eingeschränkt wird. Dementsprechend wird, wie in Fig. 3 dargestellt, ein Erfassungssignalwert V zwischen dem Punkt P1 und dem Punkt P2 (einem Phasenwert θ_1 und einem Phasenwert θ_2) gegenüber einem kontaktfreien Status kleiner. Ferner ist eine Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V bei dem Phasenwert θ_{max} (einem Phasenwert senkrecht zu einer Randfläche des Werkstücks) bei einer annähernden Mitte des Phasenwerts θ_1 und des Phasenwerts θ_2 am größten.
- 45
- 50
- 55

- Wenn hingegen, wie in Fig. 2(B) dargestellt, die Randfläche des Werkstücks W relativ zu der Vorbewegungsrichtung G des Kontaktabschnitts 102A geneigt ist, ist die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A mit dem Werkstück W ein Punkt P0', welcher in einem vorbestimmten Winkel von der Vorbewegungsrichtung G des Kontaktabschnitts 102A wegen einer Neigung der Randfläche geneigt ist. Wenn die Abtastdrehbewegung des Tasters 102 erzeugt wird, so wird eine Verzögerung zu einem Punkt P1' hervorgerufen, wo die
- 60
- 65

Kontaktkraft beginnt, angewandt zu werden, und einem Punkt P2', wo die Kontaktkraft aufhört, angewandt zu werden, verglichen mit dem in Fig. 2(A) dargestellten Fall, so daß eine Verzögerung zu der Position bewirkt wird, welche eine maximale Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V darstellt. Dementsprechend bewirkt, wie in Fig. 3 dargestellt, ein Bereich des Punkts P1' und des Punkts P2' (der Phasenwert $\theta1'-\theta2'$), welcher eine Änderung des Erfassungssignalwerts V wegen der Kontaktkraft bewirkt, eine Verzögerung gegenüber dem in Fig. 2(A) dargestellten Fall, was zu einer bezüglich eines Phasenwerts θ_{max}' mit der maximalen Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V bewirkten Verzögerung führt.

Eine Abweichung zwischen dem Phasenwert θ_{max} und dem Phasenwert θ_{max}' in der Fig. 3 zeigt eine Winkelposition, das heißt, die Längenposition, der Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A zu dem Werkstück W auf einer Ebene senkrecht zu einer Achse des Tasters 102, wie aus Fig. 2(A) und Fig. 2(B) ersichtlich. Dementsprechend können jeweilige Längenpositionen erhalten werden, und eine Neigung des Kontaktabschnitts P0' des Kontaktabschnitts 102A relativ zu einer Vorbewegung G des Tasters 102 kann durch Erfassen einer Abweichungsgröße des Phasenwerts θ_{max}' relativ zu dem Phasenwert θ_{max} erfaßt werden.

(2) Erfassung einer Breitenposition

Nachfolgend wird eine Berechnung der Breitenposition als eine Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A, definiert als eine Winkelposition auf einer Ebene mit der Achse des Tasters 102, beschrieben.

Wie in Fig. 4(A) und (B) dargestellt, weisen Werkstücke W und W' eine Randfläche mit einer gegenseitig verschiedenen Neigung relativ zu einer Achse des Tasters 102 auf, wobei die Breitenposition, welche die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A mit einem Radius definiert, eine Winkelposition β und β' ($\beta < \beta'$) auf einer Ebene mit einer Achse des Tasters 102 ist.

In diesem Zustand berührt der Kontaktabschnitt 102A, wenn die Abtastdrehbewegung des Tasters 102 durch den Drehbewegungsgenerator erzeugt wird, die Randfläche des Werkstücks W an einem Teil eines Bogens mit einem Radius $Rcos\beta$ in dem in Fig. 4(A) dargestellten Fall und berührt, die Randfläche des Werkstücks W' an einem Teil eines Bogens mit einem Radius von $Rcos\beta'$ in dem in Fig. 4(B) dargestellten Fall. Da $Rcos\beta$ größer ist als $Rcos\beta'$ ($Rcos\beta > Rcos\beta'$), ist eine Phasenabschnittsbreite B, auf welche die Kontaktkraft bei einem Winkel β mit einer kleinen Breitenposition der Kontaktstelle angewandt wird, größer als eine Phasenabschnittsbreite B' auf welche die Kontaktkraft bei dem Winkel β' mit einer großen Breitenposition der Kontaktstelle angewandt wird.

Anders ausgedrückt, kann die Differenz der Phasenabschnittsbreite B und der Phasenabschnittsbreite B', wenn eine Differenz des Phasenwertes θ_{max} , welcher eine maximale Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V bei dem Winkel β und β' aufweist, erhalten wird, erfaßt werden durch ein Erhalten des Kontaktkraftwirkungs-Anfangspunkts und des Kontaktkraftwirkungs-Endpunkts des Kontaktabschnitts 102A relativ zu dem Werkstück, wodurch die Breitenposition der Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A zu dem Werkstück W von der Differenz zwischen der Phasenabschnittsbreite B und der Phasenabschnittsbreite B' erhalten wird.

Gemäß den oben beschriebenen Schritten können die Längenposition und die Breitenposition des Kontaktabschnitts 102A erhalten werden durch den Kontaktstellendetektor auf der Grundlage eines Erfassungsstatus des Detek-

tors und des Phasendetektors, so daß die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A der Berührungssignalsonde 100 erfaßt werden kann.

Die Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer erfundungsgemäßen Berührungssignalsonde kann vorzugsweise einen Korrektursignalgenerator zum Ausgeben eines Korrektursignals zum Begrenzen einer Bewegung der Tasterhalterung zu einer Steuervorrichtung der Tasterhalterung, wenn die maximale Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts einen vorbestimmten Wert überschreitet und wenn die Phasenabschnittsbreite schmäler ist als ein vorbestimmter Wert, aufweisen.

Gemäß der obigen Anordnung kann, da der Korrektursignalgenerator vorgesehen ist, eine Bewegung, wie eine Aussetzung und eine Rückstellung, der Tasterhalterung in Übereinstimmung mit der maximalen Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts verliehen werden, so daß eine Beschädigung der Berührungssignalsonde infolge einer übergrößen Kontaktkraft verhindert wird.

Bei der vorliegenden Erfindung kann das Korrektursignal durch den Korrektursignalgenerator vorzugsweise ein Korrekturvektorsignal in einer Normalrichtung der Kugel des Kontaktabschnitts sein, welcher sich von dem Werkstück ausgehend von einem Basispunkt der Längenposition und

der Breitenposition, erhalten durch den Kontaktstellendetektor, trennt, und eine Größe des Korrekturvektorsignals kann vorzugsweise derart definiert sein, daß die Phasenabschnittsbreite eine vorbestimmte Phasenabschnittsbreite annimmt und die maximale Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts innerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt.

Gemäß der obigen Anordnung kann der Kontakt des Kontaktabschnitts des Tasters und des Werkstücks, da das Korrektursignal das Korrekturvektorsignal ist, selbst dann in geeigneter Weise aufrechterhalten werden, wenn die Bewegung der Tasterhalterung durch das Korrektursignal begrenzt wird, so daß die Messung fortlaufend fortgeführt werden kann, wodurch eine Eignung davon für die kontinuierliche Messung und die Profilmessung gegeben ist.

Bei der vorliegenden Erfindung gibt der Korrektursignalgenerator, wenn der Kontaktstellendetektor eine Änderung des Erfassungssignalwerts über die Abtastdrehbewegung erfaßt, vorzugsweise ein Korrektursignal aus, um die Änderung über die Abtastdrehbewegung zu vermeiden.

Gemäß der obigen Anordnung kann, aufgrund der Tatsache, daß der Korrektursignalgenerator das Korrektursignal zum Vermeiden der Änderung über die Abtastdrehbewegung ausgibt, wo die obige Phasenabschnittsbreite nicht erfaßt werden kann, verhindert werden, daß die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts nicht erfaßt wird.

Bei der vorliegenden Erfindung können ein Zyklus und eine Amplitude der Abtastdrehbewegung durch den Drehbewegungsgenerator vorzugsweise unabhängig von einer Bewegung der Schwingungsvorrichtung sein.

Gemäß der obigen Anordnung ist, da die Abtastdrehbewegung durch den Drehbewegungsgenerator unabhängig von der Bewegung der Schwingungsvorrichtung ist, die Abtastdrehbewegung des Tasters ohne Beeinflussung durch den Schwingungszustand des Tasters möglich, so daß die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts sicher durch den Kontaktstellendetektor erhalten werden kann.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Kontaktstaus eines Kontaktabschnitts eines Tasters und eines Werkstücks zum Darstellen einer Funktion der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist eine schematische Darstellung eines Kontaktsta-

tus eines Kontaktabschnitts eines Tasters und eines Werkstücks zum Darstellen einer Funktion der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ist ein Graph, welcher die Funktion der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 4 ist eine schematische Darstellung eines Kontaktstanztus eines Kontaktabschnitts eines Tasters und eines Werkstücks zum Darstellen einer Funktion der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 ist ein Graph, welcher eine Funktion der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung einer Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7(A) und **Fig. 7(B)** sind schematische Darstellungen eines Meßvorgangs durch eine Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung gemäß dem oben erwähnten Ausführungsbeispiel;

Fig. 8 ist ein Graph zum Darstellen einer Änderung und einer Phasenabschnittsbreite eines Erfassungssignalwerts, erhalten durch einen Meßvorgang durch die Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung des oben erwähnten Ausführungsbeispiels;

Fig. 9(A) und **Fig. 9(B)** sind eine schematische Darstellung und ein Graph zum Darstellen eines Zustands, bei welchem das Erfassungssignal über die Abtastdrehbewegung des oben erwähnten Ausführungsbeispiels geändert wird;

Fig. 10 ist eine perspektivische Ansicht einer herkömmlichen Berührungssignalsonde;

Fig. 11 (A) und **Fig. 11(B)** sind schematische Ansichten, welche ein Problem einer herkömmlichen Berührungssignalsonde darstellen; und

Fig. 12 ist ein Graph, welcher eine Beziehung zwischen einem Erfassungssignal und einer Druckgröße der herkömmlichen Berührungssignalsonde, dargestellt in **Fig. 11(A)** und **Fig. 11(B)**, darstellt.

GENAUE AUSFÜHRUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Gleiche oder ähnliche Bezugszeichen werden dabei gleichen oder ähnlichen Abschnitten und Elementen, welche oben beschrieben sind, zugewiesen, um deren Beschreibung auszulassen oder zu vereinfachen.

Fig. 6 zeigt eine Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer erfindungsgemäßen Berührungssignalsonde. Eine Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung 1 umfaßt eine Berührungssignalsonde 10, einen Drehbewegungsgenerator 30, einen Phasenwertdetektor 50, einen Kontaktstellendetektor 70 und einen Korrektursignalgenerator 90.

Die Berührungssignalsonde 10 weist annähernd die gleiche Struktur wie die in dem Hintergrundabschnitt beschriebene Berührungssignalsonde 100 auf, welche eine Tasterhalterung 11 zum Bewegen in einem dreidimensionalen Raum mit einem vorbestimmten Geschwindigkeitsvektor in Übereinstimmung mit einem Steuerbefehl durch eine (nicht dargestellte) Steuervorrichtung, einen Tasterhalter 101, welcher mit der Tasterhalterung 11 mechanisch verbunden ist und einen Sondenkörper 13 mit einem Taster 102, einem Kontaktabschnitt 102A, einer Schwingungsvorrichtung 103A und einen Detektor 103B umfaßt.

Dcr Drehbewegungsgenerator 30 bewirkt eine Abtastdrehbewegung des obigen Tasters 102 auf einer Ebene A senkrecht zu einer Achse des Tasters 102 mit einem vorbestimmten Radius R und einer vorbestimmten Winkelge-

schwindigkeit. Der Drehbewegungsgenerator 30 umfaßt eine Antriebsvorrichtung 31, welche zwischen der Tasterhalterung 11 und dem Tasterhalter 101 angeordnet ist, und eine Drehsteuervorrichtung zum Senden eines Steuersignals an die Antriebsvorrichtung 31.

Die Antriebsvorrichtung 31 weist einen X-Achsen-Antriebsabschnitt 311 und einen Y-Achsen-Antriebsabschnitt 312 zum Bewegen des Tasters 102 längs einer X-Achse und einer Y-Achse, welche in einer Ebene A verlaufen, wobei sie zueinander senkrecht sind.

Die Drehsteuervorrichtung 33 erzeugt ein X-Achsen-Steuersignal $SX = R\cos\theta$ und ein Y-Achsen-Steuersignal $SY = R\sin\theta$ gemäß einem Winkelsteuersignal $S\theta$ und gibt das X-Achsen-Steuersignal SX an den X-Achsen-Antriebs-

abschnitt 311 und das Y-Achsen-Steuersignal SY an den Y-Achsen-Antriebsabschnitt 312 aus. Da das Winkelsteuersignal $S\theta$ in einem vorbestimmten Zyklus ausgegeben wird, führen der X-Achsen-Antriebsabschnitt 311 und der Y-Achsen-Antriebsabschnitt 312 eine Bewegung um einen vorbestimmten Zyklus aus, so daß eine Abtastdrehbewegung des Tasters 102 in der Ebene A um den vorbestimmten Radius R und die vorbestimmte Winkelgeschwindigkeit bewirkt wird.

Der Phasenwertdetektor 50 erfaßt eine Drehposition des Tasters 102 während der Abtastdrehposition gemäß dem X-Achsen-Steuersignal SX und dem Y-Achsen-Steuersignal SY, welche von der Drehsteuervorrichtung 33 ausgeben werden, und dem Zyklus, gemäß welchem die Steuersignale SX und SY ausgegeben werden. Der Phasenwertdetektor 50 gibt die erfaßte Drehposition θ des Tasters 102 an den Kontaktstellendetektor 70 aus.

Der Kontaktstellendetektor 70 empfängt den durch den Detektor 103B des Sondenkörpers 14 erfaßten Erfassungssignalwert V, welcher einen Schwingungszustand des Tasters 102 anzeigt, und berechnet eine Längenposition und eine Breitenposition des Kontaktabschnitts 102A des Tasters 102 auf der Grundlage des Erfassungssignalwerts V und der Drehposition θ des Tasters 102, gesendet von dem Phasenwertdetektor 50.

Ferner gibt der Kontaktstellendetektor 70 Änderungsgrößen des erfaßten Erfassungssignalwerts V und einer Phasenabschnittsbreite B, welche einen Bereich einer Drehposition des Tasters 102 darstellt, während sich der Erfassungssignalwert V ändert, an den Korrektursignalgenerator 90 aus.

Der Korrektursignalgenerator 90 gibt ein Korrektursignal SR an eine (nicht dargestellte) Steuervorrichtung zum Steuern der Tasterhalterung 11 auf der Grundlage eines Erfassungssignalwerts V und der Phasenabschnittsbreite B von dem Kontaktstellendetektor 70 aus. Genauer gibt der Korrektursignalgenerator 90 das Korrektursignal SR an die Steuervorrichtung aus, wenn eine Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts größer ist als ein vorbestimmter Wert, oder wenn die Phasenabschnittsbreite B kleiner ist als ein vorbestimmter Wert.

Nachfolgend wird eine Profilmessung eines Werkstücks durch die Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung 1 der Berührungssignalsonde unter Bezugnahme auf **Fig. 7(A)** und **Fig. 7(B)** beschrieben.

(1) Wie in **Fig. 7(A)** dargestellt, berührt der Kontaktabschnitt 102A, wenn der Taster 102 sich ausgehend von einer Oberseitenrichtung des Werkstücks W durch die Tasterhalterung 11 senkt (Status I), das Werkstück W an einem Punkt Q1 (Status II).

(2) Wenn der Kontaktabschnitt 102A das Werkstück W an dem Punkt Q1 berührt, wird die Abtastdrehbewegung des Tasters 102 durch den Drehbewegungsgenerator 30 gestartet. Der Phasenwertdetektor 50 berechnet die Drehposition θ des Tasters 102 auf der Grundlage des X-Achsen-Steuersignals SX und des Y-Achsen-Steuersignal SY, welche von

der Drehsteuervorrichtung 33 ausgegeben werden, und gibt die Drehposition θ an den Kontaktstellendetektor 70 aus.

(3) Wie in G1 von Fig. 8 dargestellt, erhält der Kontaktstellendetektor 70 einen Phasenwert θ_{max} , welcher eine maximale Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V und der Phasenabschnittsbreite B als einen Bereich von θ , wenn sich der Erfassungssignalwert ändert, anzeigt, und berechnet die Längenposition und die Breitenposition der Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A an dem Punkt Q1 auf der Grundlage des Phasenwerts θ_{max} und der Phasenabschnittsbreite B.

(4) Wenn der Taster 102 sich senkt, wird der Erfassungssignalwert V und die Phasenabschnittsbreite B bei dem Phasenwert θ_{max} größer. Wenn diese Werte einen vorbestimmten Wert überschreiten, so gibt der Korrektursignalgenerator 90 das Korrektursignal SR auf der Grundlage des Phasenwerts θ_{max} und der Phasenabschnittsbreite B aus, um die Bewegung der Tasterhalterung 11 zu korrigieren.

Genauer ist das Korrektursignal SR ein Korrekturvektorsignal in einer Richtung H, einer Normalrichtung der Kugel des Kontaktabschnitts 102A weg von dem Werkstück W ausgehend von einem Punkt der Längenposition und der Breitenposition der Kontaktstelle, berechnet durch den Kontaktstellendetektor 70 (siehe Fig. 7(B)). Das Korrektursignal SR verringert die Kontaktkraft des Tasters 102 hin zu dem Werkstück W (Status III). Es sei erwähnt, daß die Größe des Korrekturvektorsignals des Korrektursignals SR derart definiert ist, daß die Phasenabschnittsbreite B gleich der Phasenabschnittsbreite B' ist, und die Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V bei dem Phasenwert θ_{max} liegt innerhalb eines vorbestimmten Bereichs, wie in G2 von Fig. 8 dargestellt, wodurch die Kontaktkraft immer an einem Teil der Bahn S1 der Abtastdrehbewegung angewandt wird.

(5) Wenn sich der Taster 102 weiter senkt, während die obige Bewegungskorrektur der Tasterhalterung 11 wiederholt wird, und der Kontaktabschnitt 102A in Berührung an einem Punkt Q2 als eine Stelle senkrecht zu der Axialrichtung des Tasters 102 gelangt, überschreitet die Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V die maximale Änderungsgröße Vlim, wie in G3 von Fig. 8 dargestellt. In diesem Fall gibt der Korrektursignalgenerator 90 ein Korrektursignal SR zum Aussetzen der Messung aus, und die Tasterhalterung 11 hebt den Taster 102 auf der Grundlage des Korrektursignals SR.

(6) Ferner gibt, wie in Fig. 9(A) und Fig. 9(B) dargestellt, wenn der Korrektursignalgenerator 90 eine Änderung des Erfassungssignalwerts V über die Abtastdrehbewegung, das heißt, über 360 Grad der Phasenabschnittsbreite, erfaßt, der Korrektursignalgenerator 90 aufgrund der Tatsache, daß der Kontaktstellendetektor 70 nicht in der Lage ist, die Phasenabschnittsbreite B zu erfassen, das Korrektursignal SR aus, um die Änderung des Erfassungssignalwerts V über die Abtastdrehbewegung zu vermeiden. Wie in Fig. 9(A) dargestellt, ist das Korrektursignal SR ein Korrekturvektorsignal in der Richtung I zum Trennen des Tasters 102 von der Kontaktstelle des Werkstücks W.

Gemäß dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel können folgende Wirkungen erreicht werden.

Da der Drehbewegungsgenerator 30, der Phasenwertdetektor 50 und der Kontaktstellendetektor 70 vorgesehen sind, kann die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A hin zu dem Werkstück W erfaßt werden durch den Kontaktstellendetektor 70 gemäß dem Erfassungssignalwert V durch den Detektor 103B der Abtastdrehbewegung und der Drehposition θ durch den Phasenwertdetektor 50. Daher ermöglicht die Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung 1 eine Profilmessung und eine kontinuierliche Messung des Werkstücks W unter Verwendung der Berührungssignalsonde 10.

Ferner kann die Bewegung der Tasterhalterung 11 auf der Grundlage der erfaßten Kontaktstelle korrigiert werden, wodurch eine Messung in einem angemessenen Zustand durchgeführt wird.

5 Ferner kann aufgrund der Tatsache, daß die Kontaktstelle gegeben ist als die Längenposition und die Breitenposition des kugelförmigen Kontaktabschnitts 102A das Korrektursignal SR lediglich erhalten werden durch ein Erhalten des Abschnitts, an welchem die Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts V am größten ist, und des Bereichs der Drehposition θ , innerhalb welcher sich der Erfassungssignalwert V ändert, wodurch eine Verarbeitung des Signals des Kontaktstellendetektors 70 und des Korrektursignalgenerators 90 vereinfacht wird.

15 Ferner kann die Tasterhalterung 11 aufgrund der Tatsache, daß der Korrektursignalgenerator 90 das Korrektursignal SR zum Begrenzen der Bewegung der Tasterhalterung 11 gemäß der maximalen Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts ausgesetzt oder zurückgezogen werden, wodurch 20 eine Beschädigung der Berührungssignalsonde durch ein übergroße Kontaktkraft verhindert wird.

Da das Korrektursignal SR das Korrekturvektorsignal in einer Richtung weg von der erfaßten Kontaktstelle Q1 ist, und die Größe davon eine vorbestimmten Phasenabschnittsbreite B' aufweist, kann der Kontakt zwischen dem Kontaktabschnitt 102A des Tasters 102 und dem Werkstück W selbst dann zum Fortsetzen der Messung in geeigneter Weise aufrechterhalten werden, wenn die Bewegung der Tasterhalterung 11 eingeschränkt wird, so daß die Berührungssignalsonde 10 für eine Profilmessung zum Erfassen der Form des Werkstücks W verwendet werden kann.

Ferner ist aufgrund der Tatsache, daß der Zyklus und die Amplitude der Abtastdrehbewegung durch den Drehbewegungsgenerator 30 unabhängig von der Bewegung der Schwingungsvorrichtung 103A ist, die Abtastdrehbewegung des Tasters 102 ohne Beeinflussung durch den Schwingungsstatus des Tasters 102 möglich, so daß die Kontaktstelle des Kontaktabschnitts 102A durch den Kontaktstellendetektor 70 sicher erhalten wird.

30 40 Es sei darauf hingewiesen, daß der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf das oben beschriebene Ausführungsbeispiel begrenzt ist, sondern folgende Änderungen und ähnliches umfaßt.

Bei dem oben erwähnten Ausführungsbeispiel sind, obwohl die Antriebsvorrichtung 31 des Drehbewegungsgenerators 30 den X-Achsen-Antriebsabschnitt 311 und den Y-Achsen-Antriebsabschnitt 312 umfaßt und die Drehsteuervorrichtung 33 die Steuersignale SX und SY an die jeweiligen Antriebsabschnitte 311 und 312 ausgibt, weitere Anordnungen möglich. Genauer kann auch eine Antriebsvorrichtung vorzugsweise verwendet werden, welche eine Bewegung in Übereinstimmung mit dem Drehwinkel θ und dem Drehradius R ausführt. Anders ausgedrückt, kann eine Antriebsvorrichtung mit der anderen Struktur verwendet werden, solange die Abtastdrehbewegung des Tasters möglich ist.

Ferner kann der Kontaktabschnitt, obwohl die Abtastdrehbewegung beginnt, nachdem der Kontaktabschnitt 102A das Werkstück W berührt, das Werkstück während einer Ausführung der Abtastdrehbewegung des Tasters vorher berühren.

Weitere spezielle Anordnungen und Gestaltungen zur Realisierung der vorliegenden Erfindung können verwendet werden, solange eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung gelöst werden kann.

Bei der vorliegenden Erfindung können der Phasenwertdetektor 50, der Kontaktstellendetektor 70 und der Korrektursignalgenerator 90 mittels der Verwendung einer besteh-

henden elektrischen Schaltung realisiert werden. Die Schwingungsvorrichtung 103A und des Detektors 103B können realisiert werden unter Verwendung einer existierenden mechanischen Anordnung. Diese jeweiligen Abschnitte können in einer anderen Form angeordnet werden, so daß jeweilige Funktionen auf der Grundlage einer bestehenden mechanischen Technik, elektrischen Schaltungstechnik und Computertechnik realisiert werden können. Diese jeweiligen Abschnitte können aus einer reinen Hardware, einer Computersoftware oder einer Kombination daraus aufgebaut sein.

Patentansprüche

1. Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde, wobei die Berührungssignalsonde eine Tasterhalterung zum Bewegen in einem dreidimensionalen Raum durch einen vorbestimmten Geschwindigkeitsvektor gemäß einem externen Befehl, einem Tasterhalter, welcher mechanisch mit der Tasterhalterung verbunden ist, einem Taster, welcher durch den Tasterhalter gehalten wird und an einem Spitzende davon einen Kontaktabschnitt aufweist, welcher mit einem Werkstück in Berührung gebracht wird, einer Schwingungsvorrichtung, welche an einem Teil des Tasterhalters vorgesehen ist, um den Taster in eine Resonanzschwingung in einer Axialrichtung davon zu versetzen, und einer Erfassungsvorrichtung, welche an einem Teil des Tasterhalters zum Erfassen der Änderung einer Schwingung durch die Schwingungsvorrichtung vorgesehen ist, wobei die Berührungssignalsonde die Änderung der Schwingung durch die Erfassungsvorrichtung erfaßt, wenn der Kontaktabschnitt das Werkstück berührt, wobei die Kontakterfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde die Kontaktstelle an dem Kontaktabschnitt gegen das Werkstück erfaßt, wobei die Kontakterfassungsvorrichtung umfaßt:
einen Drehbewegungsgenerator zum Ausführen einer Abtastdrehbewegung des Tasters auf einer Ebene senkrecht zu einer Achse des Tasters durch einen vorbestimmten Radius und eine vorbestimmte Winkelgeschwindigkeit;
einen Phasenwertdetektor zum Erfassen eines Phasenwerts, welcher eine Drehposition der Abtastdrehbewegung durch den Drehbewegungsgenerator anzeigt; und
einen Kontaktstellendetektor zum Erfassen der Kontaktstelle des Kontaktabschnitts gegen das Werkstück auf der Grundlage eines Erfassungssignalwerts, welcher durch den Detektor erfaßt wird, und des Phasenwerts, welcher durch den Phasenwertdetektor erfaßt wird, während der Kontaktabschnitt das Werkstück berührt.
2. Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde nach Anspruch 1, wobei der Kontaktabschnitt eine kugelförmige Oberfläche aufweist; wobei die Kontaktstelle definiert ist als ein Punkt auf der kugelförmigen Oberfläche und gegeben ist durch eine Längenposition, definiert als eine Winkelposition auf der Ebene senkrecht zu der Achse des Tasters, und eine Breitenposition, definiert als eine Winkelposition auf einer Ebene, welche die Achse des Tasters enthält; und wobei der Kontaktstellendetektor die Längenposition aus dem Phasenwert erhält, bei welchem eine Änderung des Erfassungssignalwerts maximal ist, während der Kontaktabschnitt das Werkstück während der Abtastdrehbewegung berührt und die Breitenposition aus dem Phasenwert mit der maximalen Änderung des Er-

fassungssignalwerts und einer Phasenabschnittsbreite erhält, welche einen Abschnitt des Phasenwerts anzeigen, innerhalb welchem der Erfassungssignalwert sich durch den Kontakt ändert.

3. Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde nach Anspruch 2, ferner umfassend einen Korrektursignalgenerator zum Ausgeben eines Korrektursignals zum Begrenzen einer Bewegung der Tasterhalterung an eine Steuervorrichtung der Tasterhalterung, wenn die maximale Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts einen vorbestimmten Wert überschreitet, und wenn die Phasenabschnittsbreite schmäler ist als ein vorbestimmter Wert.

4. Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde nach Anspruch 3, wobei das Korrektursignal durch den Korrektursignalgenerator ein Korrekturvektorsignal in einer Normalrichtung der Kugel des Kontaktabschnitts weg von dem Werkstück ausgehend von einem Punkt der Längenposition und der Breitenposition, erhalten durch den Kontaktstellendetektor, ist und

wobei eine Größe des Korrekturvektorsignals derart definiert ist, daß die Phasenabschnittsbreite eine vorbestimmte Phasenabschnittsbreite wird und die maximale Änderungsgröße des Erfassungssignalwerts innerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt.

5. Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung einer Berührungssignalsonde nach Anspruch 3 oder 4, wobei, wenn der Kontaktstellendetektor eine Änderung des Erfassungssignalwerts über die Abtastdrehbewegung erfaßt, der Korrektursignalgenerator ein Korrektursignal ausgibt, um die Änderung über die Abtastdrehbewegung zu vermeiden.

6. Kontaktstellen-Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Zyklus und eine Amplitude der Abtastdrehbewegung durch den Drehbewegungsgenerator unabhängig von einer Bewegung der Schwingungsvorrichtung.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

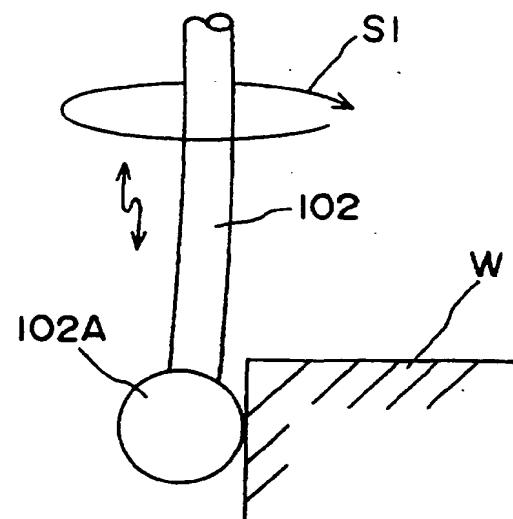


Fig. 2

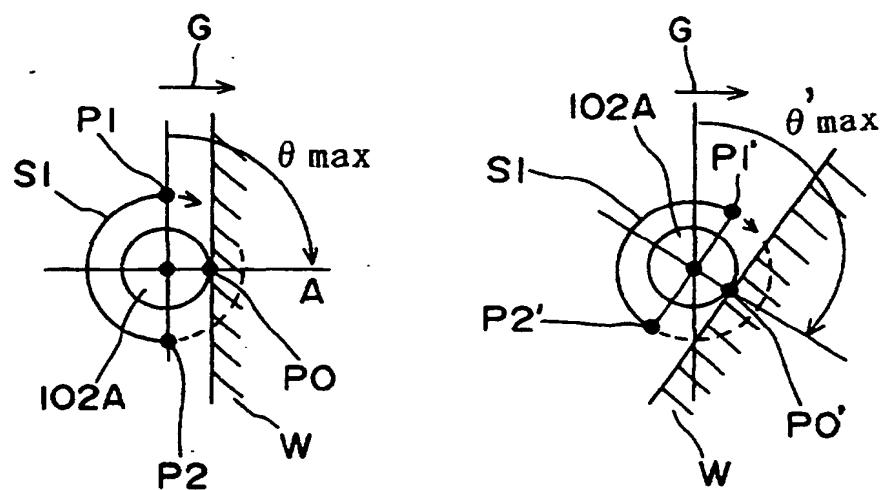


Fig. 3

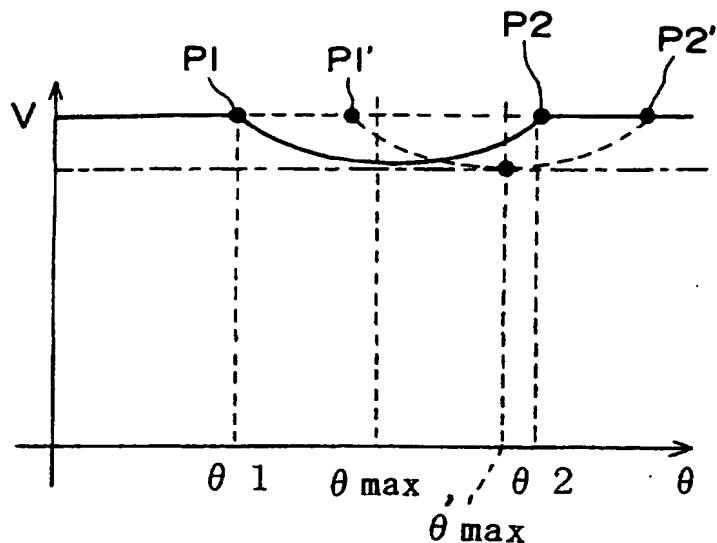


Fig. 4 (A)

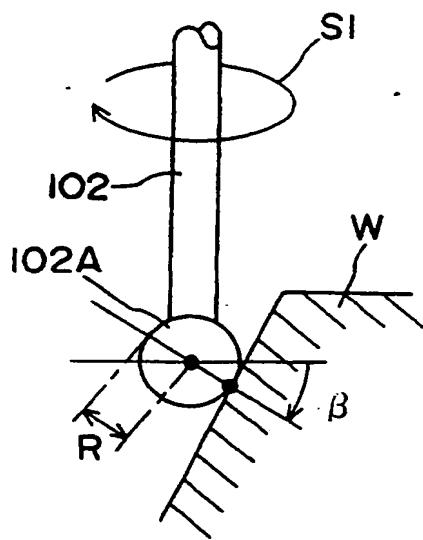


Fig. 4 (B)

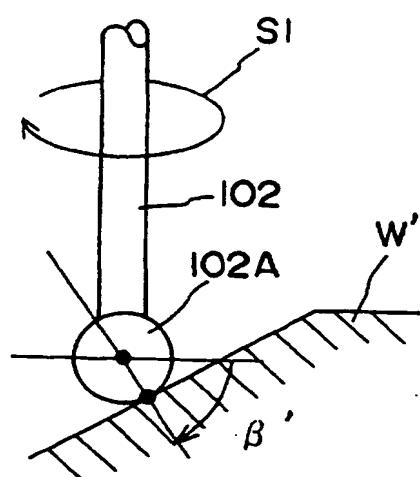


Fig. 5

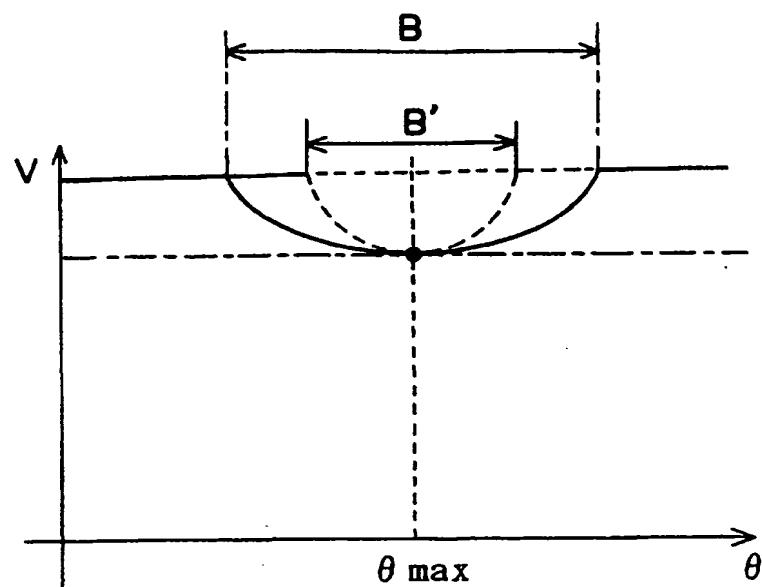


Fig. 6

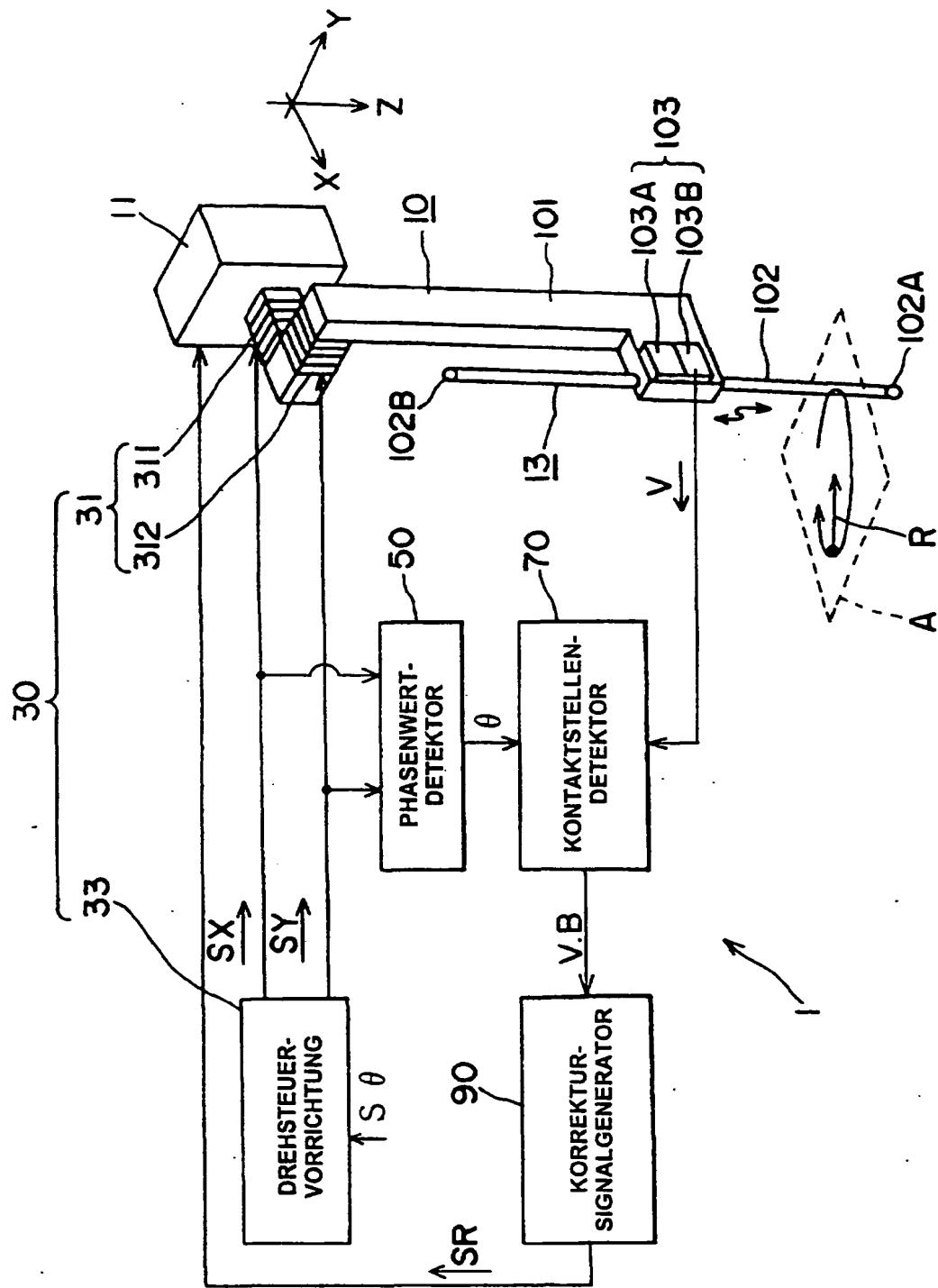


Fig. 7 (A)

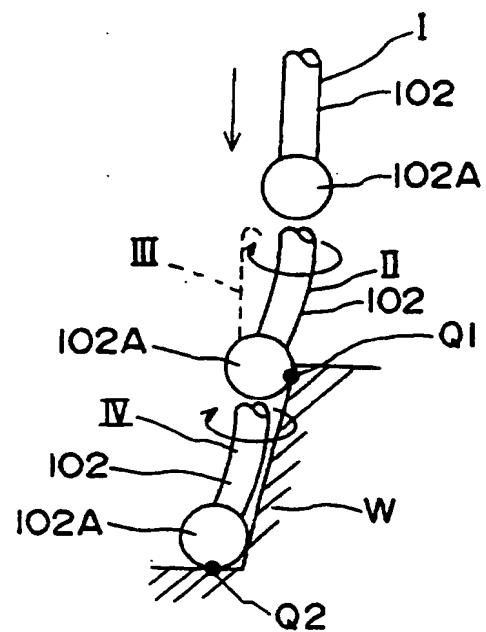


Fig. 7 (B)

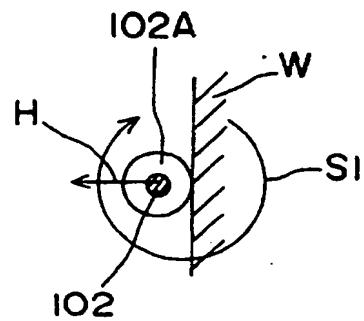


Fig. 8

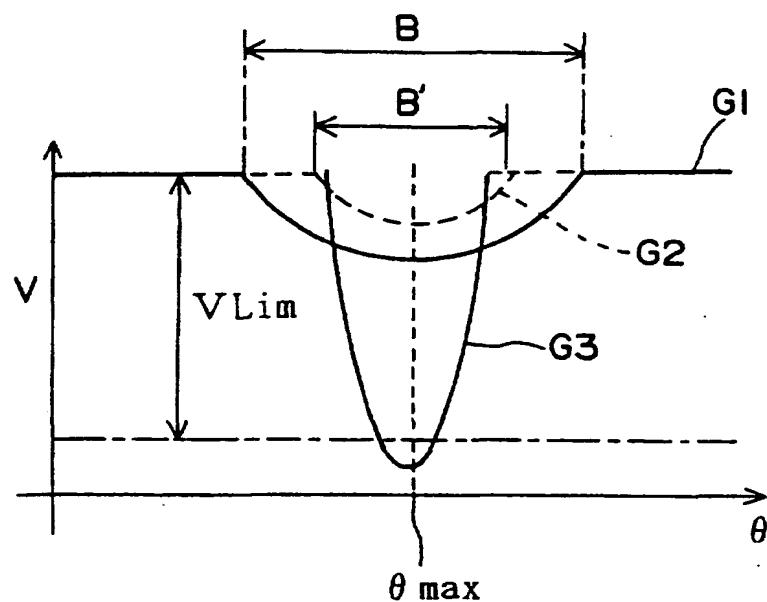


Fig. 9 (A)

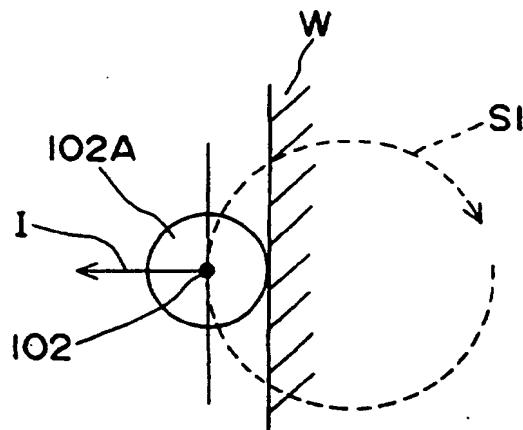


Fig. 9 (B)

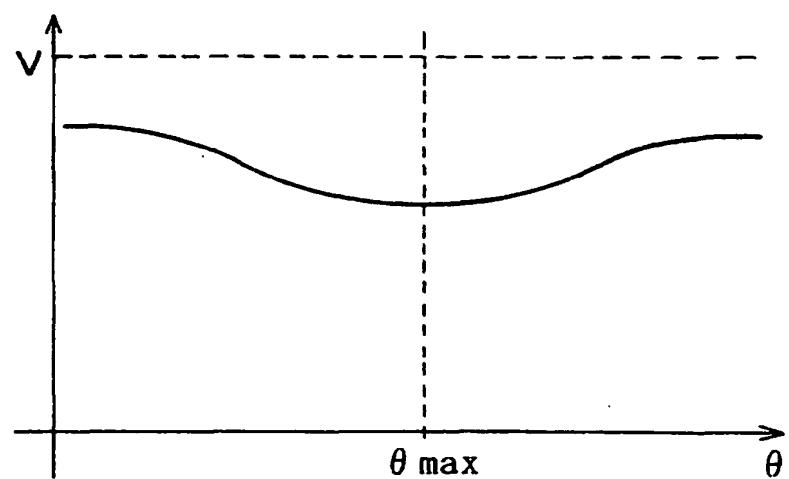


Fig. 10
STAND DER TECHNIK

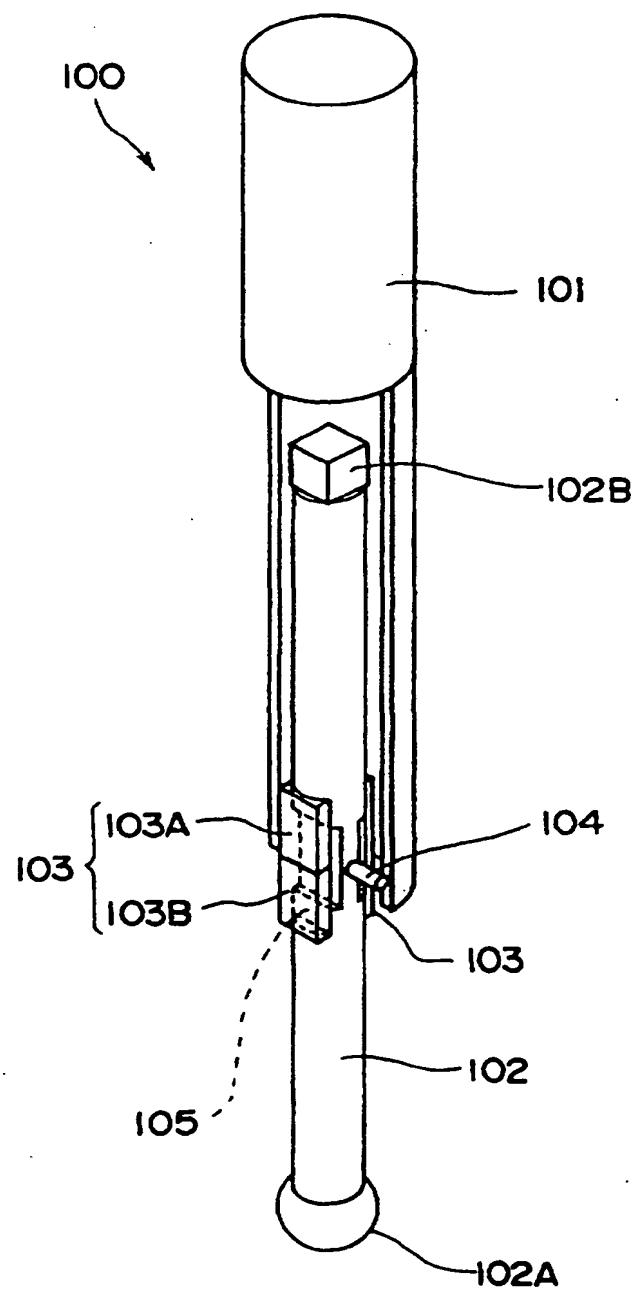


Fig. 11 (A)
STAND DER TECHNIK

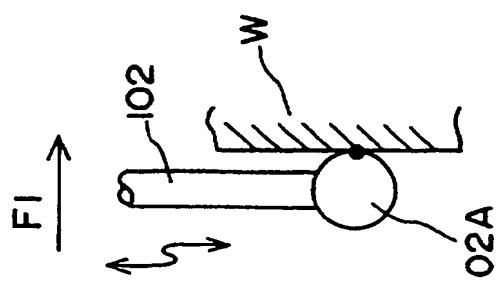


Fig. 11 (B)
STAND DER TECHNIK

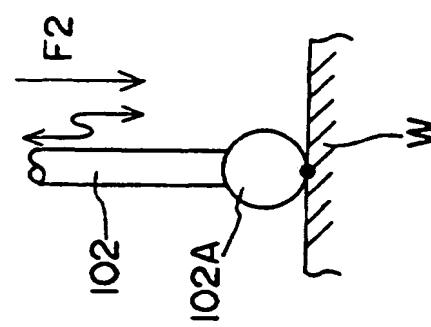


Fig. 12
STAND DER TECHNIK

